

蝶类复眼小眼面表面超微结构的比较研究

陈伟之¹, 杨思咸¹, 李素梅², 杨丽娟¹

(1. 沈阳农业大学, 沈阳 110161; 2. 李家中学, 葫芦岛 125208)

摘要: 利用扫描电子显微镜观察了 6 种蝶复眼小眼面的表面结构。发现小眼面表面覆盖着均匀的小圆形凸起颗粒, 在中央处有一由凹凸及纹褶构成的特殊结构。这种结构在蝶类各科之间有明显区别, 表现其各自的不同特征。

关键词: 蝶类; 复眼; 小眼面超微结构

中图分类号: Q965 **文献标识码:** A **文章编号:** 0454-6296 (2002) 01-0035-06

A comparative study on the surface ultrastructure of ommatidium in butterflies

CHEN Wei-Zhi¹, YANG Si-Xian¹, LI Su-Mei², YANG Li-Juan¹ (1. Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China; 2. Lijia Middle School, Huludao 125208, China)

Abstract: The ommatidial surface ultrastructure of ommatidium of 6 butterfly species were observed with scanning electronic microscope. The ommatidial surface was revealed to be covered evenly with small round convex particles. A special concavo-convex structure formed by striae was situated in the middle of ommatidium. These structures were different obviously and characteristic among the butterfly families.

Key words: butterfly; ommatidium; ommatidial surface ultrastructure

复眼是昆虫的主要视觉器官, 它由许多小眼组成, 在复眼法线方向观察复眼, 可以看到复眼表面布满整齐排列的、近似等六边形的小眼面。目前对复眼小眼内部结构研究已有较多报道 (Eguchi, 1978; Eguchi *et al.*, 1985; 郭炳群等, 1996; 郭炳群, 1988), 而关于其表面的结构报道较少。本文作者利用扫描电镜观察了 6 科中的 6 种蝶复眼小眼面表面超微结构, 比较了不同科之间小眼面结构的差异。

1 材料与方法

1.1 材料

样品取自辽宁省千山、沈阳、葫芦岛地区。较大型蝶选自蛱蝶科 (*Nymphalidae*) 的大紫蛱蝶 *Sasakia charonda*, 凤蝶科 (*Papilionidae*) 的绿带翠凤蝶 *Papilio maackii*, 其它中小型蝶均取各科中数量比较多的种类作为样品, 它们是弄蝶科 (*Hesperiidae*) 的直纹稻弄蝶 *Parnara guttata*、灰蝶科 (*Lycaenidae*) 的橙灰蝶 *Lycaena dispar*、眼蝶科 (*Satyridae*) 的蛇眼蝶 *Minois dryas*、粉蝶科 (*Pieridae*)

的菜粉蝶 (白粉蝶) *Pieris rapae*。每种观察样品至少 3 次重复, 数据取各科中同种 3 只蝶复眼的平均值。

1.2 制样方法

捕捉活蝶放入氰化钾毒瓶, 快速熏蒸至死后自然干燥。采用取整个头部和取单个复眼两种方法将观察样品粘在样品台上, 用 Eiko IB-5 型离子溅射仪喷铂膜。

1.3 观察方法

用 Hitachi S-450 型扫描电子显微镜进行观察拍照, 取复眼的法线方向为拍照基准方向, 为清晰反映出各种蝶复眼表面特殊结构, 拍摄照片时调整角度在锥角 30 度范围内。

2 结果

2.1 一般特点

6 种蝶的复眼均位于头部的两侧, 不同种蝶复眼的形状有所不同。它们分别为球缺形、椭圆球缺形、瓜瓣形等形状 (图版 I: 1~6)。小眼面整齐排列布满在复眼表面, 上面覆盖着圆形角膜乳头颗

粒, 且均有纹褶结构。测量统计结果, 每只复眼上除边、角个别部位的小眼面有纹褶深度减弱、曲率增减、变形外, 90% 以上的小眼面纹褶结构相同。

2.2 各科特点

2.2.1 弄蝶科 (Hesperiidae): 以直纹稻弄蝶 *Parnara guttata*、赭弄蝶 *Ochlodes subhyalina*、小赭弄蝶 *Ochlodes uenata* 复眼作为观察样品。直纹稻弄蝶复眼的小眼面六边形对角线平均长 $30\ \mu\text{m}$ (图版 I: 7)。小眼面中间形成下凹, 凹中又有一鼓凸, 整个小眼面表面覆盖一层角膜乳头颗粒, 凹底最深处角膜乳头颗粒边沿微连接 (图版 I: 8)。在小眼面边缘处角膜乳头颗粒减少, 两小眼面连接点在距表面较深处 (图版 I: 9)。角膜乳头颗粒最大横断面直径在 $0.2\ \mu\text{m}$ 左右。不同种类弄蝶小眼面总体结构基本相似, 细微结构略有差别。

2.2.2 灰蝶科 (Lycaenidae): 以橙灰蝶 *Lycaena dispar*、洒灰蝶 *Satyrrium* sp. 复眼作为主要观察材料。橙灰蝶复眼小眼面也较其它蝶类小, 六边形对角线平均长 $24\ \mu\text{m}$ (图版 I: 10)。小眼面中心形成较大下凹, 下凹侧面出现皱褶, 凹中心有一小凸瘤状。整个小眼面表面覆盖一层大小相等的角膜乳头颗粒, 皱褶深处角膜乳头颗粒边沿相连接, 形成可见各颗粒轮廓的不规则块状 (图版 I: 11)。在各个小眼面之间的交界处角膜乳头颗粒零散分布 (图版 I: 12)。角膜乳头颗粒最大横断面直径在 $0.2\ \mu\text{m}$ 左右。不同种类灰蝶小眼面总体结构基本相似, 细微结构略有差别。

2.2.3 眼蝶科 (Satyridae): 以蛇眼蝶 *Minois dryas* 复眼作为主要观察材料。其小眼面六边形对角线平均长 $30\ \mu\text{m}$ (图版 II: 1)。小眼面较平, 距小眼面周边 $7\ \mu\text{m}$ 左右处开始出现深纹, 深纹长短不一, 规则性不强, 中间纹较深。小眼面大部分表面覆盖一层大小相等的角膜乳头颗粒, 小眼面上的深纹底部, 已看不出角膜乳头颗粒, 形成不规则块状 (图版 II: 2)。小眼面之间的交界处仍可见较多的角膜乳头颗粒, 密度为小眼面上密度的 50% 左右 (图版 II: 3)。角膜乳头颗粒最大横断面直径在 $0.2\ \mu\text{m}$ 左右。

2.2.4 粉蝶科 (Pieridae): 以菜粉蝶 (白粉蝶) *Pieris rapae*、褐脉菜粉蝶 *Pieris napi*、黄色豆粉蝶 *Colias erate* 复眼作为主要观察材料。菜粉蝶复眼小眼面六边形对角线平均长 $27\ \mu\text{m}$ (图版 II: 4)。小眼面纵切面呈上凸的半圆形 (龟背形)。小眼面中心凸凹形成一类似人眼形结构, 如果经蝶头前后中

心作转动轴及在头上作相应的经纬线, 小眼面纹饰的长轴与经线方向一致, 切纹饰长轴中心通过小眼面对边线中点。整个小眼面表面覆盖一层大小相等的角膜乳头颗粒。粉蝶的凹凸结构较浅, 在小眼面中心凹凸变化最大处, 没有角膜乳头颗粒变形, 仅引起角膜乳头颗粒密度略有增加 (图版 II: 5)。在各个小眼面之间的交界处, 角膜乳头颗粒的密度变化很小, 其密度为小眼面上密度的 80% 以上 (图版 II: 6)。角膜乳头颗粒最大横断面直径在 $0.2\ \mu\text{m}$ 左右。不同种类的粉蝶小眼面总体结构差异很小。

2.2.5 蛱蝶科 (Nymphalidae): 以大紫蛱蝶 *Sasakia charonda*、福豹蛱蝶 *Mesoacidalia charlotta fortuna*、黄钩蛱蝶 *Polygonia caureum* 复眼作为主要观察材料。大紫蛱蝶小眼面六角形对角线平均长 $37\ \mu\text{m}$ (图版 II: 7)。小眼面由周边开始略有上凸, 小眼面中凸凹结构如同两个中心相对的桔瓣, 大紫蛱蝶小眼面上结构长轴方向与上述粉蝶表现相同。个别蛱蝶种类小眼面上可见零散疙瘩 (图版 II: 7)。整个小眼面表面覆盖一层大小相等的角膜乳头颗粒。小眼面上凹凸结构较浅, 在凹凸变化最大的小眼面中心处, 正面仅观察到角膜乳头颗粒略变小、密度增加 (图版 II: 8)。在小眼面的交界处, 角膜乳头颗粒的密度减少, 其密度为小眼面上的 40% 左右, 但界线中的一些角膜乳头颗粒基部伸长, 呈果柄状 (图版 II: 9)。角膜乳头颗粒最大横断面直径在 $0.2\ \mu\text{m}$ 左右。不同种类的蛱蝶小眼面总体结构趋势相似。

2.2.6 凤蝶科 (Papilionidae): 以绿带翠凤蝶 *Papilio maackii* 复眼作为主要观察材料, 还选多种大小不一凤蝶的复眼进行比较, 其小眼面六边形对角线平均长 $27\sim 32\ \mu\text{m}$ 。整个小眼纵切面呈龟背形, 小眼面中形成椭圆形凹下, 凹下较浅, 平滑 (图版 II: 10)。凤蝶小眼面上结构长轴方向与上述粉蝶表现相同。整个小眼面表面覆盖一层大小相等的颗粒体, 但颗粒凸起很小, 颗粒边缘不十分平滑 (图版 II: 11)。在小眼面交界处颗粒很少 (图版 II: 12)。颗粒基部直径在 $0.2\ \mu\text{m}$ 左右。观察的诸凤蝶, 小眼面上颗粒的状态均相同。

3 讨论

本研究通过扫描电镜观察, 揭示了 6 科中 6 种蝶复眼小眼面表面各自的特殊的超微结构。

(1) 6 种蝶复眼小眼面上均覆盖着小圆形凸起颗粒和由凹凸、纹褶构成的结构, 且 90% 以上的小眼面纹褶结构相同, 大小相等。即: 在一只蝶的复眼上, 小眼面的纹褶结构是惟一的。

(2) 从小眼面整体结构来看, 直纹稻弄蝶、橙灰蝶呈现中心对称但程度不同的下凹形; 绿带翠凤蝶、大紫蛱蝶、菜粉蝶分别在对角方向上呈现轴对称的下凹、裂纹和凹凸结合的 3 种明显不同结构; 而蛇眼蝶小眼面总体比较平、较深的纹褶是在小眼面上大面积分布。6 种蝶的小眼面在总体结构上显示出明显差别。

(3) 观察小眼面纹褶深处乳头颗粒变化情况: 大紫蛱蝶小眼面在纹褶深处角膜乳头颗粒之间没有粘连; 直纹稻弄蝶小眼面的凹深处颗粒边沿微连接; 橙灰蝶小眼面的凹深处颗粒边沿相连接、形成还可见各颗粒轮廓的不规则块状; 蛇眼蝶小眼面在纹褶深处存在块状颗粒, 但其形状与乳头颗粒无明显相关之处, 表现了 4 种颗粒渐变的现象; 菜粉蝶小眼面上曲率变化小, 没有略深的纹褶, 其上面的颗粒均匀没有任何粘连; 绿带翠凤蝶小眼面上覆盖颗粒较为特殊。

(4) 在各个小眼面交界处颗粒出现疏密不同的现象, 从密到疏排列的顺序是: 菜粉蝶、蛇眼蝶、大紫蛱蝶、橙灰蝶、直纹稻弄蝶; 在小眼面交界处大紫蛱蝶的颗粒还出现变形, 直纹稻弄蝶接触处距离表面比较深。绿带翠凤蝶小眼面上覆盖颗粒较为特殊。

(5) 观察的 6 科 6 种蝶类样品中, 除凤蝶外其

余各科的各种蝶的复眼小眼面表面均覆盖着圆形突起角膜乳头颗粒, 在本实验观察的 3 种凤蝶复眼小眼面表面结构, 全部显示为表面颗粒凸起高度小、边沿不锐, 与其它蝶类的小眼面形成较大差异。

用扫描电镜观察了 6 科的 6 种蝶小眼面超微结构, 每种蝶的复眼上, 小眼面的纹褶结构都是惟一的。各种蝶之间在小眼面整体结构、小眼面纹褶深处角膜乳头颗粒变形、小眼面交界处角膜乳头颗粒出现疏密和变形、以及表面圆形颗粒形态上等 4 方面, 都有着各自的特征, 显示出它们之间明显差别。对这些特征的研究, 有可能为昆虫系统分类和鉴定提供依据。

参 考 文 献 (References)

- Eguchi E, 1978. Comparative fine structure of lepidopteran compound eyes, especially skippers (Hesperiodea). *Zool. Mag.*, 87: 32 ~ 43.
- Eguchi E, Sasaki M, Ishii K, 1985. Comparative studies on the structures and functions of the compound eyes of *Bombyx mori* and *B. mandarina*. *Appl. Entomol. Zool.*, 20: 225 ~ 227.
- Guo B Q, Li S W, Hou W W, Wang S Y, Chen Y L, 1996. Comparative study on the structure and characteristics of compound eyes of two sister species with different habitat: *Altica fragariae* and *A. ampelophaga*. *Acta Entomol. Sinica*, 39 (3): 260 ~ 264. [郭炳群, 李世文, 侯无危, 王书永, 陈永林, 1996. 栖境不同的两种跳甲复眼结构比较. 昆虫学报, 39 (3): 260 ~ 264]
- Guo B Q, 1988. Fine structure and regional variation of the compound eye of *Heliothis armigera* (Hübner). *Acta Entomol. Sinica*, 31 (2): 165 ~ 170. [郭炳群, 1988. 棉铃虫蛾复眼细微结构及其区域性差异. 昆虫学报, 31 (2): 165 ~ 170]

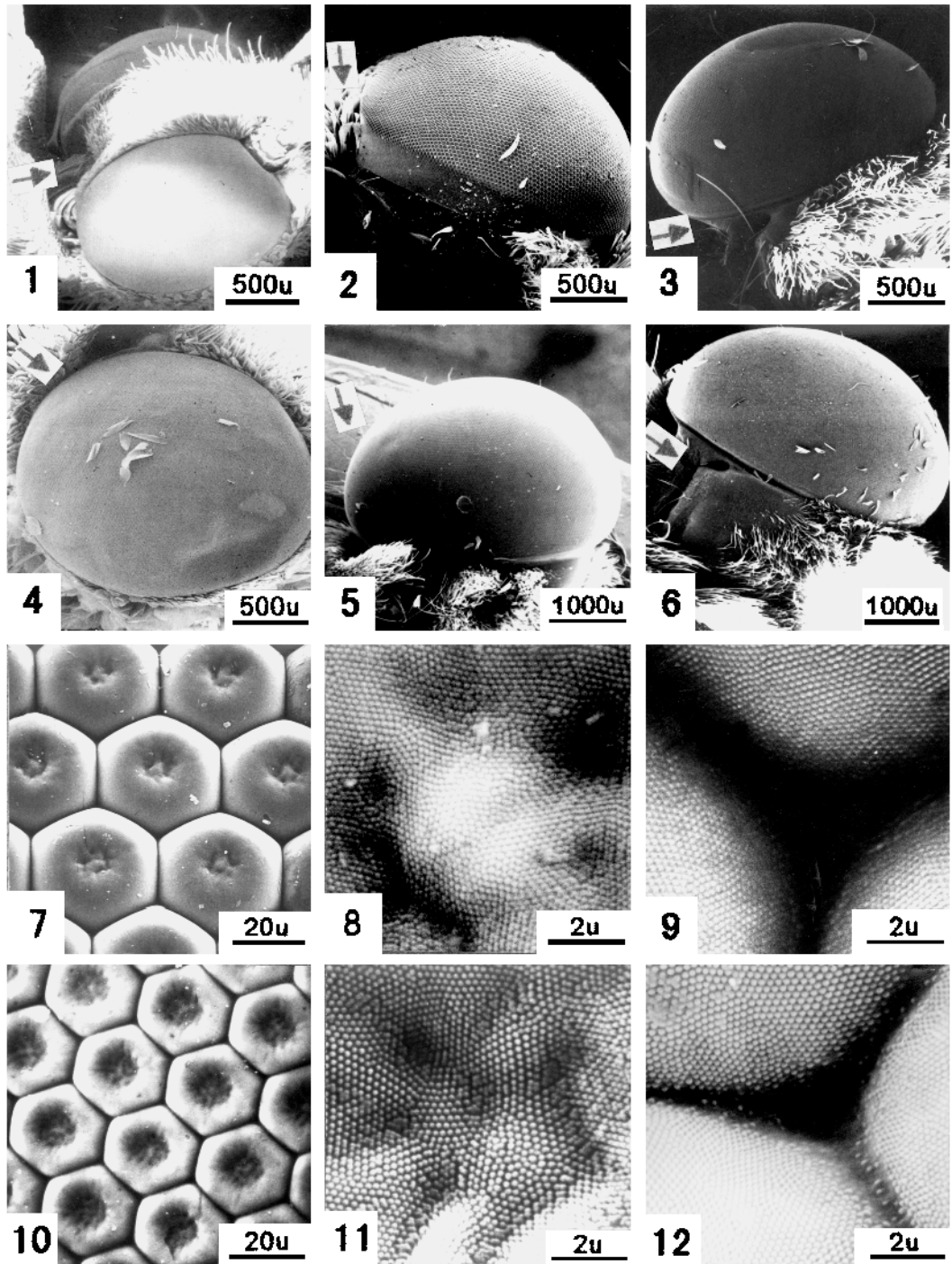
图 版 说 明 (Explanation of Plates)

图版 I (Plate I)

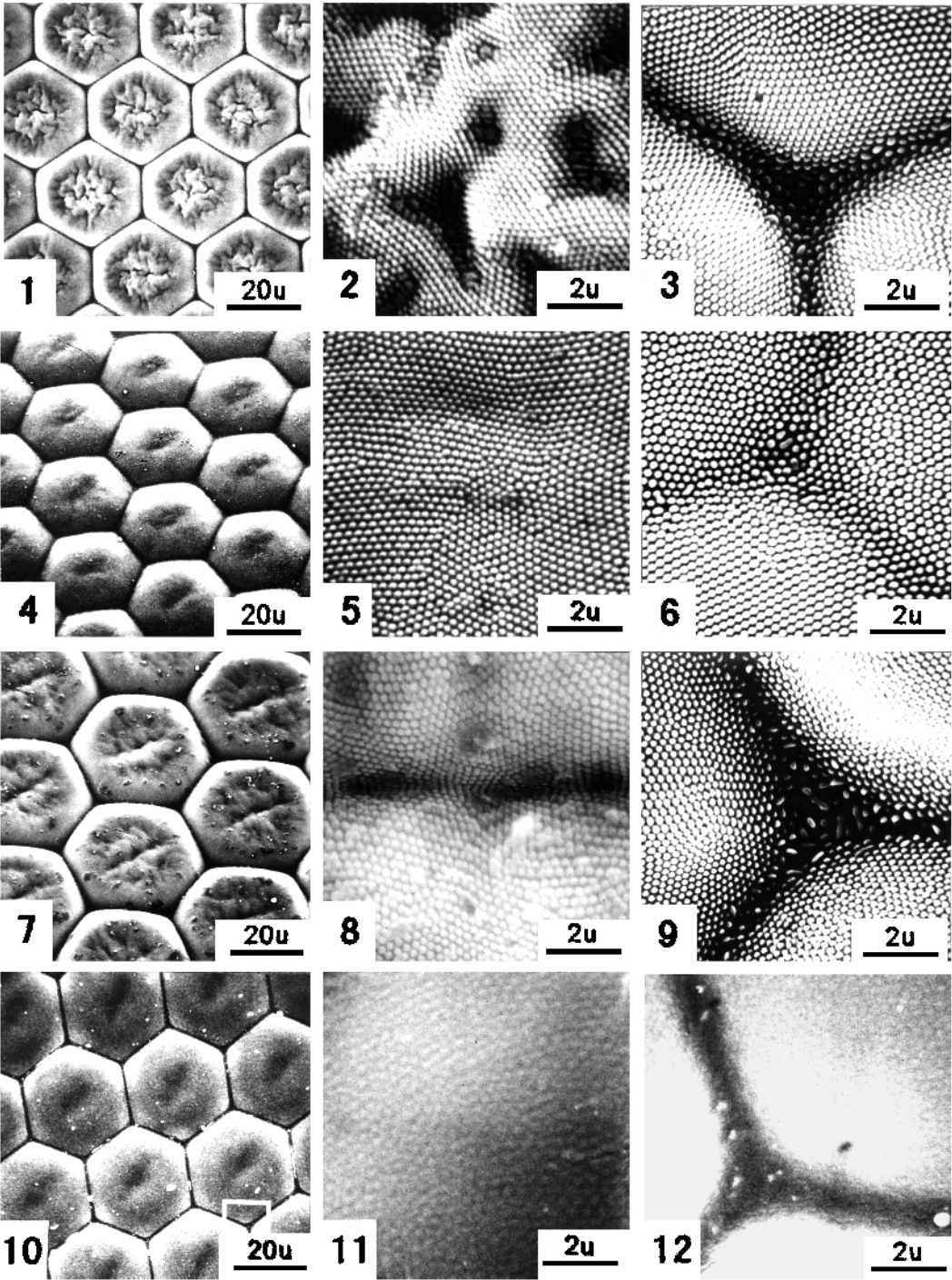
1. 橙灰蝶复眼的扫描电镜照片 (正面观) SEM photo of ommatium of *Lycaena dispar* (top view) (40 ×)
2. 直纹稻弄蝶复眼的扫描电镜照片 (侧面观) SEM photo of ommatium of *Parmara guttata* (side view) (40 ×)
3. 蛇眼蝶复眼的扫描电镜照片 (侧面观) SEM photo of ommatium of *Minois dryas* (side view) (40 ×)
4. 菜粉蝶复眼的扫描电镜照片 (正面观) SEM photo of ommatium of *Pieris rapae* (top view) (40 ×)
5. 绿带翠凤蝶复眼的扫描电镜照片 (侧面观) SEM photo of ommatium of *Papilio maackii* (side view) (20 ×)
6. 大紫蛱蝶复眼的扫描电镜照片 (侧面观) SEM photo of ommatium of *Sasakia charonda* (side view) (20 ×)
- 7 ~ 9. 直纹稻弄蝶复眼小眼面的超微结构 ommatidial surface ultrastructure of *Parmara guttata*
 - 7: 小眼面整体结构 ommatidial surface structure (1 100 ×)
 - 8: 小眼面中心凸凹结构 central concavo-convex structure on ommatidial surface (10 000 ×)
 - 9: 小眼面的交界处 border on ommatidial surface (10 000 ×)
- 10 ~ 12. 橙灰蝶复眼小眼面的超微结构 ommatidial surface ultrastructure of *Lycaena dispar*
 - 10: 小眼面整体结构 (1 000 ×), 11: 小眼面中心凸凹结构 (10 000 ×), 12: 小眼面的交界处 (10 000 ×)
 - 10, 11, 12: same explanations as 7, 8, 9

图版 II (Plate II)

- 1~3. 蛇眼蝶复眼小眼面的超微结构 ommatidial surface ultrastructure of *Minois dryas*
1: 小眼面整体结构 ommatidial surface structure (1 000 $\times$)
2: 小眼面中心凸凹结构 central concavo-convex structure on ommatidial surface (10 000 $\times$)
3: 小眼面的交界处 border on ommatidial surface (10 000 $\times$)
- 4~6. 菜粉蝶复眼小眼面的超微结构 ommatidial surface ultrastructure of *Pieris rapae*
4: 小眼面整体结构 (1 000 $\times$), 5: 小眼面中心凸凹结构 (10 000 $\times$), 6: 小眼面的交界处 (10 000 $\times$)
4, 5, 6: same explanations as 1, 2, 3
- 7~9. 大紫蛱蝶复眼小眼面超微结构 ommatidial surface ultrastructure of *Sasabia charonda*
7: 小眼面整体结构 (1 000 $\times$), 8: 小眼面中心结构 (10 000 $\times$), 9: 小眼面的交界处 (10 000 $\times$)
7, 8, 9: same explanations as 1, 2, 3
- 10~12. 绿带翠凤蝶复眼小眼面超微结构 ommatidial surface ultrastructure of *Papilio maackii*
10: 小眼面整体结构 (1 000 $\times$), 11: 小眼面中心凸凹结构 (10 000 $\times$), 12: 小眼面的交界处 (10 000 $\times$)
10, 11, 12: same explanations as 1, 2, 3



图版说明见文后 (Explanation at the end of the text)



图版说明 见文后 (Explanation at the end of the text)